

اثرات بازگشایی کانال خزینی بر الگوی عمومی جریان در خلیج گرگان

(جنوب شرق دریای کاسپی)

سعید شربتی^{*۱}

S.Sharbaty@yahoo.com

علی شعبانی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: کانال خزینی دومین راه ارتباط دائمی خلیج گرگان با دریای کاسپی می باشد که در سال های اخیر در اثر کاهش سطح آب و رژیم رسوب گذاری مسدود گردیده است. در تحقیق حاضر نتایج مدل سازی دوبعدی الگوی جریان با استفاده از مدل مایک ۲۱ افام به منظور بررسی اثرات بازگشایی کانال خزینی بر الگوی عمومی جریان خلیج گرگان تحت ۲۴ سناریوی مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. **روش بررسی:** مدل سازی ها بر روی دو نوع مش بی ساختار به مدت ۵ ساعت و ۵۰ دقیقه و با گام های زمانی ۳۰ ثانیه ای اجرا گردید. در تمامی مدل سازی ها از میانگین سالانه بارش، تبخیر و ورودی ۱۳ رودخانه به خلیج و اثر باد غالب شرق وزان با ۶ سرعت مختلف استفاده شد. اثرات مولفه های تابش امواج ناشی از باد غالب در ۶ سناریوی مجزا با اجرای مدل مایک ۲۱ ان اس دبلو به مدل هیدرودینامیک مایک ۲۱ افام اعمال گردید. جهت اعمال شرایط مرزی در مرزهای باز از مقادیر میانگین دبی حداکثری ورودی و خروجی در دهانه آشورآده-بندر ترکمن و کانال خزینی استفاده شد.

یافته ها: نتایج شبیه سازی بیان گر آن بود که الگوی جریان در خلیج گرگان تحت تاثیر دبی ورودی و خروجی در دهانه آشورآده-بندر ترکمن و وزش باد غالب قرار دارد.

نتیجه گیری: بازگشایی کانال خزینی هیچ تاثیری بر الگوی عمومی گردش جریان خلیج نداشته و تنها در بخش های بسیار نزدیک به کانال سبب تغییر الگوی جریان محلی به صورت شمالی- جنوبی می گردد. در مواقع طوفانی حداکثر سرعت جریان ۰/۲۳ متر بر ثانیه در نواحی نزدیک به کانال مشاهده می گردد.

واژه های کلیدی: خلیج گرگان، کانال خزینی، مایک ۲۱ افام، مایک ۲۱ ان اس دبلو.

*۱- (مسوول مکاتبات): مربی گروه تولید و بهره برداری آبریزان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲- دانشیار گروه تکتور و پرورش آبریزان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

Impacts of Khozeini Canal Reopening on General Current Pattern in Gorgan Bay (South East of the Caspian Sea)

Saeed Sharbaty ^{1*}

s_sharbaty@yahoo.com

Ali Shabani ²

Abstract

Background and Objective: Khozeini canal is the second permanent connection way of Gorgan Bay with the Caspian Sea which has been blocked as a result of water level decreases and sedimentation in recent years.

Methods: In this investigation, 2D modeling results of current pattern using MIKE 21 FM model for investigating the impacts of Khozeini canal reopening on the general current pattern in Gorgan bay under 24 different scenarios were compared. Modeling was implemented on two types of unstructured meshes for 5 hours, 50 minutes and with 30 seconds time steps. In all modelings, the mean annual precipitation, evaporation and 13 rivers input to the bay as well as the effect of dominant eastern wind with 6 different speeds were used. The effects of components of the wave radiation induced by dominant wind were included by implementation of the wave model of MIKE 21 NSW in the 6 distinct considered in the hydrodynamic model of MIKE 21 FM. In order to include boundary conditions at the open boundaries, the mean maximum discharges of inlet and outlet in the Ashoradeh-Bandartorkaman spans and Khozeini canal were used.

Results: Simulation results represented that the current pattern in Gorgan Bay is influenced by the inlet and outlet discharges at the spans of Ashoradeh-Bandartorkaman and prevailing wind.

Conclusion: Reopening of the Khozeini canal has no significant effect on the general circulation current pattern of the bay and only in areas very close to the canal changes the local current pattern to be North-South. In stormy times, the maximum current velocity of 0.23 meters per second was observed in areas close to the canal.

Keywords: Gorgan Bay, Khozeini canal, MIKE 21 FM, MIKE 21 NSW.

1- Lecturere, Department of Fisheries, Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, Iran.* (*Corresponding Author*)

2- Associate Proffesor, Department of Fisheries, Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, Iran.

مقدمه

زیست‌محیطی، شیمیایی، فیزیکی و هیدرودینامیکی در آن را دست‌خوش تغییر و تحول خواهد نمود. این امر در دراز مدت موجبات تغییر پوشش گیاهی منطقه، مناطق تجمع‌زی-شناوران گیاهی و به‌دنبال آن آب‌زیان می‌گردد که در تحول بوم-سازگان خلیج گرگان نقش انکارناپذیری ایفا خواهد نمود.

بی‌شک مدل‌سازی‌ها بهترین شیوه جهت برآورد و تعیین پارامترهای هیدرودینامیکی در یک بدنه آبی در اثر تغییرات به وجود آمده در ساختار مرزی و ساحلی آن می‌باشد که پیش از احداث هرگونه سازه مهندسی باید مورد توجه قرار گیرد. با استفاده از مدل مایک ۲۱ تحقیقات بسیاری در ایران و خارج از آن صورت پذیرفته است. نتایج استفاده از مدل مایک ۲۱ در خصوص احداث موج‌شکن در سواحل بنگ‌خون‌تین نشان داد که موج‌شکن می‌تواند از فرسایش خطوط ساحلی جلوگیری نموده و انرژی امواج را تا ۴۰ درصد کاهش دهد (۲). بررسی نتایج مدل‌سازی احداث موج‌شکن بر الگوی جریان خلیج سالاد در تایلند با استفاده از مدل مایک ۲۱ نشان داد که احداث موج-شکن می‌تواند بر الگوی جریان، فرسایش بستر و نرخ انتقال رسوب در خلیج موثر باشد (۳). در تحقیقی با به دست آوردن توپوگرافی سطح آب و مدل کردن آن با ماژول‌های هیدرودینامیکی و امواج مدل مایک ۲۱ به بررسی مورفولوژی ساحلی در خلیج تیگنموت انگلستان پرداخته شد (۴). نتایج مدل‌سازی جریان‌های کشندی در خلیج کچه هندوستان با استفاده از مایک ۲۱ روشن ساخت که نیروی باد نقش مهمی در تعیین هیدرودینامیک و انتقال رسوب منطقه بازی می‌کند (۵). هیدرودینامیک دریاچه ارومیه با استفاده از مدل مایک ۲۱ در یک سال شاخص تحت عوامل محیطی شبیه‌سازی گردید. نتایج نشان داد که تحت شرایط متعارف باد اصلی‌ترین عامل به وجود آورنده جریان‌ها می‌باشد (۶). جریان‌های کرانه‌ای منطقه کیشهر با استفاده از مدل مایک ۲۱ شبیه‌سازی گردید. نتایج نشان داد که جریان‌های ناشی از امواج شرقی در مقایسه با امواج شمالی، شمال غربی و شمال شرقی تأثیر بیشتری بر دهانه مرداب کیشهر می‌گذارند. هم‌چنین مقایسه جریان‌های کرانه‌ای برای

خلیج گرگان تنها خلیج ایران در سواحل جنوبی دریای کاسپی می‌باشد که در کنوانسیون رامسر به عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره به ثبت رسیده است. تنها راه ارتباطی مستمر خلیج گرگان با آب‌های دریای کاسپی دهانه آشورآده-بندرترکمن با عرض تقریبی ۲۵۰۰ متر و حداکثر عمق ۳/۳ متر در سال‌های افزایش تراز سطح آب دریای کاسپی در شمال شرقی خلیج می‌باشد (۱). با توجه به روند کاهش سطح آب دریای کاسپی در طی سال-های گذشته بیم آن می‌رود که تنها راه ارتباط طبیعی خلیج با دریای کاسپی یعنی دهانه آشورآده-بندرترکمن کاهش یافته و یا به طور کلی مسدود گردد. لذا یافتن راه‌حلی که منجر به افزایش طول عمر این بوم‌سازگان منحصر به فرد گردد از اقدامات اولیه مطالعاتی پیش از هرگونه اقدام اجرایی به منظور افزایش بقاء محیط زیست و بهره‌وری‌های اقتصادی در تمامی زمینه‌ها در آن می‌باشد که باید مد نظر تمامی دستگاه‌های ذی-ربط قرار گیرد.

مطمئناً لایروبی دهانه آشورآده-بندرترکمن و ناحیه چاپقلی مهم‌ترین گزینه جهت افزایش سن حیات خلیج و میزان تعویض‌پذیری آب محسوب می‌شود. ولیکن با ادامه روند رو به کاهش سطح آب در خلیج گرگان، ایجاد کانال‌های جدید از طریق شبه‌جزیره میانکاله می‌تواند سبب افزایش میزان ارتباط خلیج با دریای کاسپی و به تبع آن توان خودپالایی خلیج گردد. کانال خزینی دومین راه ارتباط غیر دائمی خلیج با دریا است که در گذشته به منظور توسعه کشتیرانی در دریای کاسپی احداث گردیده ولیکن پس از جنگ جهانی دوم نقش اصلی خود را در این پیکره آبی از دست داده و در سال‌های گذشته نیز با کاهش سطح آب دریا و افزایش رژیم رسوب‌گذاری در کانال به کلی مسدود گردیده و تنها ترازهای بالای لحظه‌ای سطح آب در دریای کاسپی آن هم در مدت زمان‌های بسیار کم در مواقع پر آبی و یا برکشند طوفان سبب بازگشایی آن می‌گردد.

باید در نظر داشت که بازگشایی یک کانال در شرایط فعلی حجم آب خلیج، می‌تواند الگوی گردش آب را در آن تغییر داده و تغییر الگوی جریان در خلیج گرگان بسیاری از فرایندهای

برای انجام مطالعات نظری و محاسباتی، استفاده از مدل ریاضی کارآمد و قابل اطمینان بسیار حایز اهمیت می‌باشد. مدل جریان مایک ۲۱ افام (Mike 21 Flow Model Flexible) Mesh جریان‌های دوبعدی غیریکنواخت را در یک لایه از سیال که به طور عمودی از لحاظ چگالی همگن است شبیه‌سازی می‌نماید. این سیستم مدل‌سازی بر اساس شیوه مش‌های بی‌ساختار طراحی شده و در بسیاری از مسایل مهندسی زیست‌محیط دریایی که در آن بحث پیش‌یابی اثرات سازه‌های دریایی بر محیط زیست مطرح می‌باشد قابل به-کارگیری است. ماژول هیدرودینامیکی بر اساس حل دو بعدی معادلات میانگین‌گیری شده عمقی و غیرقابل تراکم بنا گردیده و شامل معادلات پیوستگی و اندازه حرکت می‌باشد (۱۱).

معادله پیوستگی

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

معادله اندازه حرکت در جهت x

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} \\ - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S \quad (2) \end{aligned}$$

معادله اندازه حرکت در جهت y

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} - f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} \\ - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S \quad (3) \end{aligned}$$

در معادلات فوق $h = d + \eta$ عمق کل آب، η تراز لحظه‌ای سطح آب، d عمق آب بر حسب سطح مبنای محاسباتی، \bar{u} ، \bar{v} مقادیر میانگین سرعت در جهات x و y ، g شتاب جاذبه، τ_{bx} و τ_{by} مولفه‌های اصطکاک بستر در جهات x و y ، $f = 2wsin\phi$ عامل کوریولیس که به عرض جغرافیایی وابسته است، t زمان، w سرعت زاویه‌ای زمین، ϕ عرض جغرافیایی محل، p_a فشار جو، ρ_0 چگالی آب، τ_{sx} و τ_{sy} مولفه‌های اصطکاک باد بر روی سطح دریا در جهات x و y

دو حالت روشن ساخت که با احداث جتی‌ها، سرعت جریان‌ها در اطراف ورودی مرداب کیشهر حدود ۳۵ درصد کاهش یافته است (۷). کاربرد مدل مایک ۲۱ جهت روندیابی سیل‌های جزرومدی رودخانه زهره مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تغییرات هیدروگراف ورودی و خروجی به بازه در هنگام مد که جهت جریان به سمت رودخانه است، مشابه روندیابی جریان در رودخانه است، ولی در حالت جزر که جهت جریان به دریاست، هیدروگراف‌های ورودی و خروجی از قوانین روندیابی جریان در رودخانه‌های معمولی تبعیت می‌کند (۸). نتایج شبیه‌سازی کوتاه مدت جریانات در خلیج گرگان با استفاده از مایک ۲۱ نشان داد که هیدرودینامیک خلیج عمدتاً تحت تاثیر وزش باد و دهانه آشورآده-بندرترکمن قرار دارد (۹). مدل‌سازی دو بعدی الگوی جریان در خلیج گرگان با استفاده از مدل مایک ۲۱ در طی دوره یک ساله نشان داد که الگوی جریان در خلیج عمدتاً به صورت پادساعتگرد می‌باشد (۱۰).

با توجه به مطالب گفته شده هدف از این پژوهش یافتن پاسخی برای این سوال است که آیا بازگشایی کانال خزینی تأثیری بر الگوی عمومی جریان خلیج گرگان دارد؟ بدین منظور از نرم افزار مایک ۲۱ با اعمال شرایط اقلیمی، هیدرولوژیکی، هیدرودینامیکی، هیدروگرافی و مرزی سواحل استفاده گردیده است.

روش بررسی

موقعیت جغرافیایی خلیج گرگان: خلیج گرگان به گونه‌ای در منتهی‌الیه جنوب شرقی دریای کاسپی واقع گردیده است که از شمال با منطقه حفاظت شده شبه‌جزیره میانکاله و از جنوب با استان‌های گلستان و مازندران هم‌جوار می‌باشد. خلیج گرگان در حد فاصل طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی قرار گرفته است. وسعت خلیج بالغ بر ۴۵۰ کیلومتر مربع و دارای حداکثر طول ۶۰ و حداکثر عرض ۱۲ کیلومتر می‌باشد. خلیج گرگان کم عمق بوده و دارای میانگین عمق ۱/۵ متر و حداکثر عمق ۳/۹ متر می‌باشد.

گیرد. زمانی که هدف تنها مدل سازی الگوی جریان خلیج گرگان بدون در نظر گرفتن اثر کانال خزینی باشد، می توان دهانه ورودی خلیج گرگان را به عنوان تنها مرز باز مدل در نظر گرفت. ولیکن زمانی که بازگشایی کانال خزینی و اثرات آن بر روی الگوی عمومی جریان خلیج مد نظر باشد لازم است علاوه بر اثر مرز باز در دهانه آشورآده-بندرترکمن، اثر مرز باز کانال خزینی نیز در نظر گرفته شود. جهت اعمال شرط مرز باز میانگین دبی-های حداکثری در دهانه آشورآده-بندرترکمن از نتایج خروجی مدل سازی الگوی جریان در خلیج گرگان در خلال یک دوره یک ساله با دبی ۱۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه استفاده گردید (۱۰). از آن جا که کانال خزینی در حال حاضر مسدود می باشد لذا باید شرط مرز باز را جهت بازگشایی مجدد آن تعیین نمود. در خصوص اعمال شرط مرزی میانگین دبی های حداکثری در کانال خزینی نیز نسبت به استحصال مولفه های سرعت در ناحیه نزدیک به کانال از طریق مدل سازی سه بعدی الگوی جریان در حوضه جنوب شرق دریای کاسپی استفاده گردید (۱۵). در تحقیق حاضر به منظور اجرای مدل در تمامی سناریوها از ضرایب مهم ترین عوامل موثر بر جریان خلیج گرگان که در مدل سازی های پیشین مورد استفاده واقع گردیده، شامل عدد مانینگ ۳۲ جهت مقاومت بستر و ضریب لزجت گردابه ای برابر ۰/۵ استفاده شد (۹). اثر نیروی ظاهری کوریولیس علی رغم ناچیز بودن عرض جغرافیایی منطقه در نظر گرفته شد. به منظور ساخت شکل هندسی حوضه خلیج گرگان از روش بی ساختار مثلثی با استفاده از رقومی سازی نقشه های آب نگاری خلیج گرگان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده گردید. مثلث بندی حوضه خلیج به شیوه دلآونی انجام شد. با توجه به اهداف تحقیق نسبت به ساخت دو نوع مش اقدام گردید، بدین صورت که در مش اول از ۷۳۰۳ گره و ۱۳۶۴۴ المان با یک مرز ورودی برای مدل سازی هندسی کل حوضه خلیج و در مش دوم نیز از ۷۶۶۰ گره و ۱۴۲۶۴ المان با دو مرز ورودی برای مدل سازی هندسی کل حوضه به همراه جانمایی کانال در بخش شمال شرقی خلیج استفاده شد. عمق کانال به اندازه ۴ متر با توجه به تردد شناورهای حمل کالا در اسکله بندرترکمن در سال های گذشته

S_{yy} و S_{xy} و S_{xx} مولفه های تنش برشی موثر حاصل از تابش امواج در جهات X و Y ، T_{yy} و T_{xy} و T_{xy} مولفه های لزجت گردابه ای در جهات Y و X می باشند.

گسسته سازی مکانی معادلات اولیه با استفاده از شیوه احجام محدود سلول مرکزی و عبارات زمانی از شیوه صریح انجام می پذیرد. حوضه حل توسط زیر تقسیمات پیوسته ای از المان ها و سلول های غیر هم پوشان به صورت شبکه های بی ساختار مثلثی در صفحه افق گسسته می گردد. با توجه به عمق کم خلیج (میانگین عمق ۱/۵ متر) و نداشتن تغییرات چگالی موثر در امتداد قایم به خصوص در بازه های زمانی کوتاه مدت هم چون تحقیق حاضر، می توان از فرض دو بعدی بودن جریان در این حوضه استفاده نمود (۱۲). مانند هر مدل دیگری جهت مدل سازی باید به ضوابط پایداری مدل نیز توجه نمود. در این تحقیق این ضابطه در سیستم مختصات کارترین با عدد کورانتی معادل ۵/۷ مشخص گردید. در این تحقیق از داده های باد ایستگاه سینوپتیک دریایی بندرترکمن با طول آمار ۱۲ ساله واقع در ۲ کیلومتری جنوب دهانه ورودی خلیج شامل جهت و سرعت باد و داده های بارش و تبخیر ایستگاه هواشناسی تیرتاش با طول آمار ۲۸ ساله با میانگین سالانه بارش ۶۰۲ میلی متر در سال و تبخیر ۱۴۹۰ میلی متر در سال به صورت ثابت در مکان و زمان استفاده شده است. بررسی گل باد ۱۲ ساله خلیج گرگان نشان داد که این حوضه آبی بیشتر تحت تاثیر بادهای شرق وزان با احتمال وقوع ۱۸ درصد قرار داشته و تمامی مدل سازی ها بر اساس این نوع باد با ۶ سرعت مختلف ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵ و ۱۵ متر بر ثانیه به جهت ارزیابی تغییرات الگوی جریان در ایام طوفانی و کم باد اجرا گردیده است. با توجه به این که اصطکاک باد در سطح دریا به همراه سرعت باد تغییر می نماید، لذا جهت اعمال تغییرات ضرایب اصطکاک باد از فرمول تجربی ارابه شده توسط وو استفاده گردید (۱۳). جهت اعمال منابع چشمه ای به مدل از میانگین سالیانه دبی ورودی ۱۳ رودخانه منتهی به خلیج استفاده شد (۱۴). در این مقاله با توجه به اهداف تحقیق از دو نوع مش بی ساختار استفاده گردیده است. این امر ایجاب می نماید تا در اجرای مدل تعداد و نوع مرزهای باز مد نظر قرار

با بستر از عامل زبری نیکارادزه با مقدار ثابت 0.02 متر استفاده شد. جهت اعمال اثر شکست امواج در واپاشی انرژی موج از فرمول ارایه شده توسط باتیس و جانسون بهره‌برداری گردید (۱۹). بدین صورت مدل موج با جهت باد غالب شرق وزان ثابت 270 درجه در شش سناریو مجزا با سرعت‌های $2/5$ ، $5/5$ ، 10 ، $12/5$ و 15 متر بر ثانیه به اجرا در آمد.

اجرای مدل مایک ۲۱ افام: همان‌طور که اشاره گردید با توجه به هدف اصلی تحقیق، از دو مش متفاوت جهت ارزیابی الگوی جریان خلیج بعد از بازگشایی کانال خزینی به ترتیب با نام‌های مش ۱ و مش ۲ استفاده گردیده است. اجرای مدل بر روی هر مش با 12 سناریو متفاوت صورت گرفت. این 12 سناریو شامل 6 حالت رفتی و 6 حالت برگشتی جریان در مرزهای ورودی با اعمال دبی‌های ثابت به منظور در نظر گرفتن اثرات افت و خیز سطح آب دریای کاسپی در فصول سرد و گرم سال و از طرفی در نظر گرفتن اثرات باد غالب شرق وزان با سرعت‌های $2/5$ ، $5/5$ ، 10 ، $12/5$ و 15 متر بر ثانیه بر الگوی عمومی جریان خلیج می‌باشد (جدول ۱). تنش ناشی از تابش امواج متناظر با هر سناریو به مدل اعمال گردید. جهت ارضای شرط پایداری، مدل با گام‌های زمانی 30 ثانیه‌ای و به مدت 5 ساعت 50 دقیقه به اجرا در آمد. از مقادیر میانگین سالیانه بارش و تبخیر و دبی میانگین سالیانه 13 رودخانه ورودی به خلیج به صورت 13 منبع چشمه‌ای استفاده شد. لازم به ذکر است که در تمامی اجراها شرایط اولیه نوسان سطح آب و مولفه‌های سرعت جریان در حوضه حل معادل صفر در نظر گرفته شد و از نتایج اجرای مدل در 2 ساعت اولیه به منظور رسیدن مدل به یک حالت پایا صرف نظر گردید.

اجرای مدل بر روی مش ۱: هدف از اجرای مدل بر روی مش ۱ به دست آوردن الگوی جریان خلیج در شرایط فعلی یعنی مسدود بودن کانال خزینی می‌باشد. از آن‌جا که خلیج گرگان با شروع فصل گرما دارای دبی مثبت از سمت دریای کاسپی به درون خلیج می‌باشد، لذا در 6 اجرای اول (سناریوی ۱ تا ۶) از 6 باد غالب شرق وزان با سرعت‌های مختلف ولیکن با جهت ثابت 270 درجه و با دبی ورودی آب به میزان 1000 متر

با حداکثر آبخور $2/9$ متر در نظر گرفته شد (۱۶). عرض کانال پیشنهادی 300 متر و طول آن 4 کیلومتر می‌باشد که در گذشته و تا قبل از افت سطح آب دریای کاسپی و مسدود شدن آن بر اثر رژیم رسوب‌گذاری در عریض‌ترین ناحیه آن تقریباً به همین میزان بوده است.

اجرای مدل مایک ۲۱ ان اس دبلو: خلیج یک پیکره آبی کم عمق می‌باشد و شکست امواج در اثر برخورد ناو موج با مناطق کم عمق بستر سبب ایجاد جریان می‌گردد (۱۷). در این تحقیق اثرات مولفه‌های تنشی تابش امواج S_{xx} و S_{xy} و S_{yy} در نظر گرفته شده است. بدین منظور از نتایج خروجی مدل موج مایک ۲۱ ان اس دبلو (MIKE 21 Near Shore Wave) به عنوان یکی از ورودی‌ها به مدل جریان مایک ۲۱ افام استفاده گردید. معادلات به کار گرفته شده در مدل موج مایک ۲۱ به صورت زیر می‌باشد (۱۸):

$$\frac{\partial(c_{gx}m_0)}{\partial x} + \frac{\partial(c_{gy}m_0)}{\partial y} + \frac{\partial(c_{\theta}m_0)}{\partial \theta} = T_0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial(c_{gx}m_1)}{\partial x} + \frac{\partial(c_{gy}m_1)}{\partial y} + \frac{\partial(c_{\theta}m_1)}{\partial \theta} = T_1 \quad (5)$$

در معادلات فوق $m_0(x, y, \theta)$ بیانگر اثر طیف مرتبه صفرم، $m_1(x, y, \theta)$ بیانگر اثر طیف مرتبه اول، C_{gx} و C_{gy} مولفه‌های سرعت گروهی موج در جهات X و Y و C_{θ} سرعت انتشار در جهت θ ، جهت انتشار موج و T_0 و T_1 عبارت چشمه‌ای می‌باشند. از طرفی عبارت $m_n(\theta)$ به صورت زیر تعریف می‌گردد:

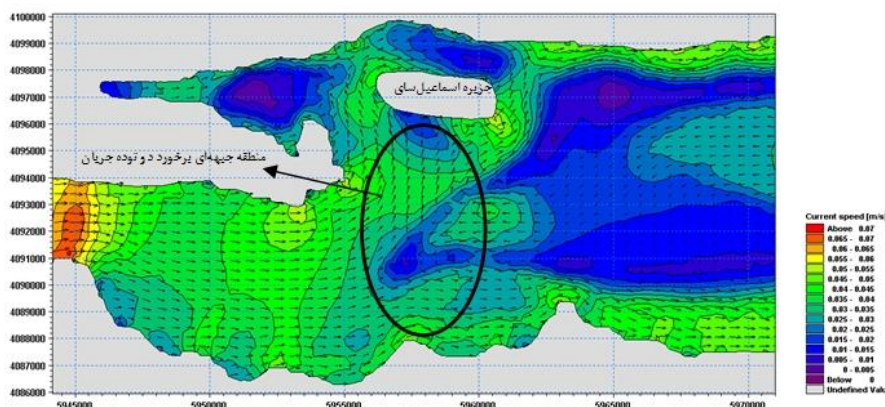
$$m_n(\theta) = \int_0^{\infty} \omega^n A(\omega, \theta) d\omega \quad (6)$$

در رابطه فوق ω بسامد مطلق و A چگالی طیفی موج می‌باشد. سرعت‌های انتشار C_{gx} ، C_{gy} ، C_{θ} از طریق تئوری امواج خطی به دست می‌آیند. در سمت چپ معادلات اصلی، اثرات انکسار و کم عمقی لحاظ گردیده است. عبارات T_1 ، T_0 اثرات تولید باد محلی و پخش انرژی به واسطه اصطکاک بستر و شکست امواج را در معادلات لحاظ می‌نمایند. مدل موج بر روی یک مش با ساختار به تعداد 688×230 مربع به ضلع 100 متر و به صورت شبه ایستا و با دوره زمانی منطبق با دوره شبیه‌سازی مدل هیدرودینامیکی اجرا گردید. جهت اعمال ضریب اصطکاک موج

یافته‌ها

می‌باشد. در منتهی‌الیه بخش کم عمق غربی خلیج، جریان‌ها بادرانه و موج‌رانه ضعیف با حداکثر سرعت $0/06$ متر بر ثانیه مشاهده می‌گردد. این جریان‌ها حداکثر تا بخش جنوبی جزیره اسماعیل‌سای ادامه یافته و پس از برخورد با جریان‌ها شرقی-غربی ناشی از دهانه خلیج منطقه جبهه‌ای ضعیفی را به وجود می‌آورند (شکل ۱).

نتایج اجرای مدل تحت سناریو ۱، ۲ و ۳ بیان‌گر وجود یک جریان عمومی از شرق به غرب در بخش میانی و عمیق خلیج می‌باشد. این جریان تحت تاثیر دبی ورودی 1000 متر مکعب بر ثانیه از دهانه خلیج قرار داشته و کمترین تاثیر را از وزش بادهای متناظر با این 3 سناریو دارد. حداکثر سرعت جریان متناظر با این سه سناریو در حوضه خلیج $0/06$ متر بر ثانیه

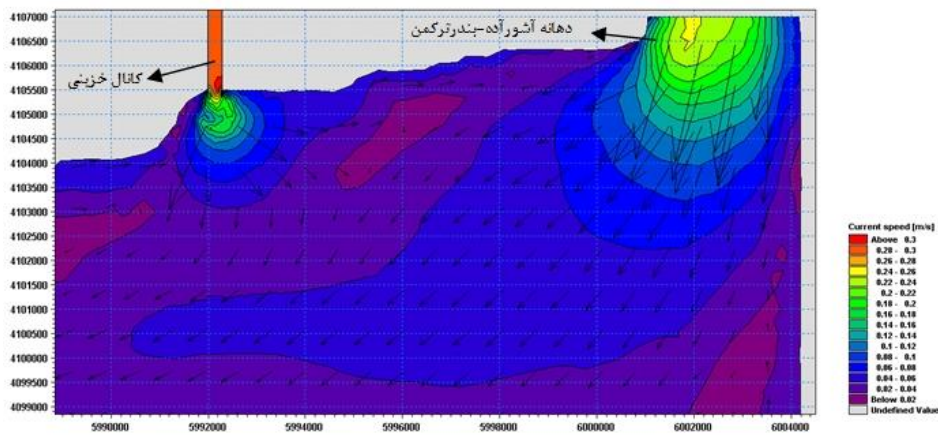


شکل ۱- تشکیل منطقه جبهه جریان متاثر از ورود آب از دهانه به خلیج و باد غالب شرق‌وزان با سرعت 5 متر بر ثانیه

Figure 1- Current Front Zone Formation Affected by the Entry of Water from the Mouth of the Bay and Prevailing Easterly Wind at a Speed of 5 Meters per Second

۲ و ۳ تقویت گردیده و حداکثر سرعت جریان $0/19$ متر بر ثانیه در آن قابل مشاهده می‌باشد. جریان ورودی از کانال به داخل خلیج با جهت شمالی-جنوبی پس از طی مسافت 2 کیلومتر تحت تاثیر جریان‌ها قوی‌تر ایجاد شده توسط مرز ورودی در دهانه آشورآده-بندرترکمن به سمت غرب تغییر جهت می‌دهد. منطقه جبهه‌ای تشکیل شده در سناریوهای ۱، ۲ و ۳ نیز بدون تغییر در این سناریوها مشاهده می‌گردد. مقایسه نتایج الگوی جریان تحت اجرای مدل در سناریوهای ۱، ۲ و ۳ با ۱۳، ۱۴ و ۱۵ نشان می‌دهد که بازگشایی کانال خزینی تاثیری بر الگوی عمومی جریان خلیج به جز در منطقه‌ای کوچک در مجاورت کانال نخواهد داشت. شکل ۲ توزیع بردارها و کانتورهای سرعت جریان را در بخش شمال شرقی خلیج تحت تاثیر ورودی آب از دو مرز باز مدل واقع در دهانه آشورآده-بندرترکمن و کانال خزینی و وزش باد غالب شرق‌وزان با سرعت ثابت 5 متر بر ثانیه نمایش می‌دهد.

ساختار جریان در ناحیه کانال خزینی بسیار ضعیف می‌باشد ولیکن دو الگوی متفاوت جریان در آن دیده می‌شود. در ناحیه کرانه نزدیک کانال یک جریان بسیار ضعیف غربی-شرقی به موازات ساحل با حداکثر سرعت جریان $0/05$ متر بر ثانیه تحت تاثیر جریان‌ها موج‌رانه شرقی مشاهده می‌گردد. ولیکن در ناحیه کرانه دور کانال یک جریان بسیار ضعیف شرقی-غربی به موازات ساحل با حداکثر سرعت جریان $0/06$ متر بر ثانیه تحت تاثیر دبی ورودی از طریق دهانه آشورآده-بندرترکمن مشاهده می‌گردد. به طور کلی الگوی جریان در این سناریوها بیشتر متاثر از تنها مرز باز خلیج قرار دارد. در سناریوهای ۱۳، ۱۴ و ۱۵ نیز الگوی عمومی جریان همچون سناریو ۱، ۲ و ۳ متاثر از دبی ورودی از طریق دهانه آشورآده-بندرترکمن به صورت یک جریان کلی از شرق به غرب با حداکثر سرعت جریان $0/06$ متر بر ثانیه می‌باشد. ساختار جریان در ناحیه کانال خزینی در اثر دبی ورودی 360 متر مکعبی بر ثانیه نسبت به سناریوهای ۱،



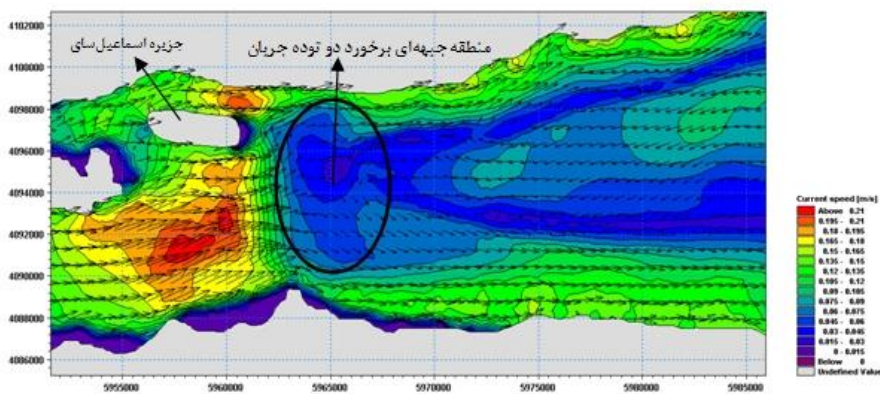
شکل ۲- نمایش توزیع بردارها و کانتورهای سرعت جریان حاصل از باد شرق وزان با سرعت ۵ متر بر ثانیه در بخش

شمال شرقی خلیج

Figure 2- Distribution of Velocity Current Vectors and Contours Resultant of Easterly Wind in the Northeast of the Bay at a Speed of 5 Meters per Second

کرانه‌های سواحل شمال و جنوب، جریانات غربی-شرقی متأثر از بادهای غالب شرق وزان و جریانات موج‌رانه متناظر با این ۳ سناریو وجود دارد. این جریانات در بخش غربی سواحل شهرستان گلوگاه با جریانات ورودی از طریق دهانه آشورآده-بندرترکمن برخورد کرده و منطقه جبهه جریانات را به وجود می‌آورد که در مقایسه با سناریوهای ۱، ۲ و ۳ به سبب افزایش سرعت باد قوی‌تر بوده و جبهه جریان مذکور جابه‌جایی قابل ملاحظه‌ای را به سمت شرق داشته است (شکل ۳).

نتایج اجرای مدل تحت سناریوهای ۴، ۵ و ۶ بیانگر وجود یک جریان عمومی از شرق به غرب در بخش میانی و عمیق خلیج می‌باشد. این جریان نیز همانند سناریوهای ۱، ۲ و ۳م تحت تاثیر دبی مثبت ۱۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه در دهانه قرار داشته و با دور شدن از دهانه به تدریج ضعیف می‌گردد. حداکثر سرعت‌های به وجود آمده تحت عوامل درگیر در این سناریوها معادل ۰/۲۱ متر بر ثانیه در نواحی کم عمق سواحل و بخش کم عمق غربی خلیج می‌باشد. در نیمه کم عمق غربی و در

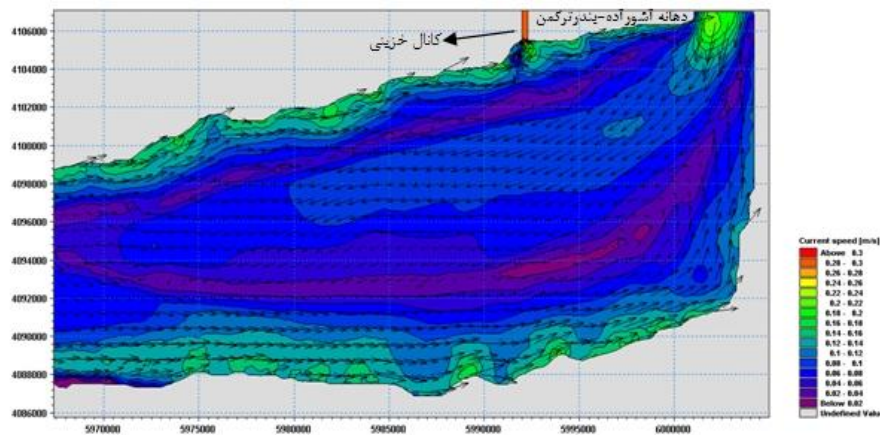


شکل ۳- تشکیل منطقه جبهه جریان متأثر از ورود آب از دهانه به خلیج و باد غالب شرق وزان با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه

Figure 3- Current Front Zone Formation Affected by the Entry of Water from the Mouth of the Bay and Prevailing Easterly Wind at a Speed of 15 Meters per Second

ورودی از کانال به داخل خلیج با جهت شمالی-جنوبی پس از طی مسافت ۲/۵ کیلومتر تحت تاثیر جریانات قوی تر ایجاد شده توسط مرز ورودی دهانه آشورآده-بندرترکمن با حداکثر سرعت جریان ۰/۱۳ متر بر ثانیه به سمت غرب تغییر جهت می‌دهد. بخش دیگری از جریان خروجی از کانال نیز به موازات کرانه‌های ساحلی به سمت شرق با حداکثر سرعت جریان ۰/۱۲ متر بر ثانیه حرکت می‌نماید. منطقه جبهه‌ای تشکیل شده در سناریوهای ۴، ۵ و ۶ نیز بدون تغییر در سناریوهای ۱۶، ۱۷ و ۱۸ مشاهده می‌گردد. مقایسه نتایج الگوی جریان تحت اجرای مدل در سناریوهای ۴، ۵ و ۶ با ۱۶، ۱۷ و ۱۸ نشان می‌دهد که بازگشایی کانال خزینی تاثیری بر الگوی عمومی جریان خلیج به جز در منطقه‌ای کوچک در مجاورت کانال نخواهد داشت. شکل (۴) توزیع بردارها و کانتورهای سرعت جریان را در بخش شمال شرقی خلیج تحت تاثیر ورود آب از دو مرز باز مدل واقع در دهانه آشورآده-بندرترکمن و کانال خزینی و وزش باد غالب شرق‌وزان با سرعت ثابت ۱۵ متر بر ثانیه نمایش می‌دهد.

ساختار جریان در ناحیه کانال خزینی با افزایش سرعت باد در حوضه حل نسبت به سناریوهای ۱، ۲ و ۳ تا حدی قوی‌تر گردیده و می‌توان دو الگوی متفاوت جریان را در آن به وضوح مشاهده نمود. در ناحیه کرانه نزدیک کانال یک جریان نسبتاً قوی غربی-شرقی به موازات ساحل تحت تاثیر جریانات موج‌کرانه شرقی با حداکثر سرعت جریان ۰/۱ متر بر ثانیه مشاهده می‌گردد. ولیکن در ناحیه کرانه دور کانال یک جریان نسبتاً قوی شرقی-غربی تحت تاثیر دبی ورودی از طریق دهانه آشورآده-بندرترکمن با حداکثر سرعت جریان ۰/۱۲ متر بر ثانیه مشاهده می‌گردد. جریان مذکور به تدریج با حرکت به سمت جنوب قدرت بیشتری می‌یابد. به طور کلی الگوی جریان در این سناریوها بیشتر متأثر از اثر تنها مرز ورودی مدل یعنی دهانه آشورآده-بندرترکمن و وزش باد غالب شرق‌وزان می‌باشد. در سناریو ۱۶، ۱۷ و ۱۸ نیز الگوی عمومی جریان هم‌چون سناریوهای ۴، ۵ و ۶ می‌باشد. ساختار جریان در ناحیه کانال خزینی در اثر دبی ورودی ۳۶۰ متر مکعب بر ثانیه نسبت به سناریوهای ۴، ۵ و ۶ تقویت گردیده است. بخشی از جریان



شکل ۴- نمایش توزیع بردارها و کانتورهای سرعت جریان حاصل از باد شرق‌وزان با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه در بخش شمال شرقی خلیج

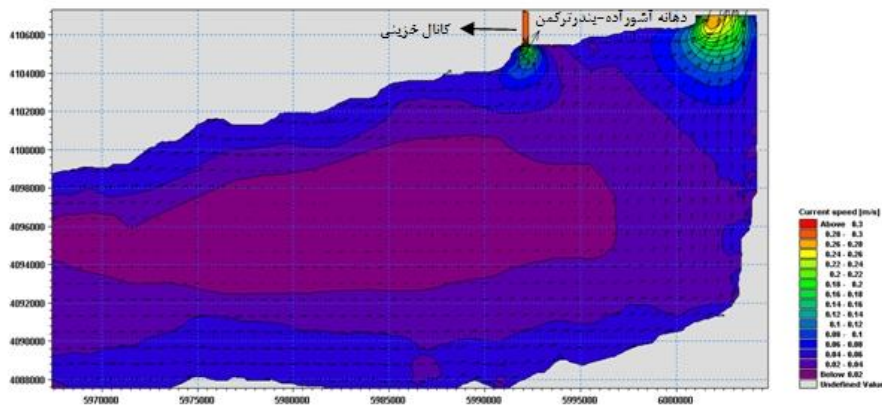
Figure 4- Distribution of Velocity Current Vectors and Contours Resultant of Easterly Wind in the Northeast of the Bay at a Speed of 15 Meters per Second

نتایج اجرای مدل تحت سناریوهای ۷، ۸ و ۹ بیان‌گر وجود یک الگوی عمومی جریان از غرب به شرق در تمامی بخش‌های خلیج می‌باشد. این جریان تحت تاثیر دبی منفی ۱۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه افزایش می‌یابد. ساختار جریان در ناحیه کانال

مکعب بر ثانیه در دهانه و وزش باد غالب قرار داشته و با نزدیک شدن به دهانه به تدریج سرعت جریان از مقادیر ۰/۰۲ به ۰/۲ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد.

بر ثانیه به سمت شمال تغییر جهت یابند. مقایسه نتایج الگوی جریان تحت اجرای مدل در سناریوهای ۷، ۸ و ۹ با ۱۹، ۲۰ و ۲۱ نشان می‌دهد که بازگشایی کانال خزینی تأثیری بر الگوی عمومی جریان خلیج به جز در منطقه‌ای کوچک در مجاورت کانال نخواهد داشت. شکل (۵) توزیع سرعت و بردار جریان خلیج را در بخش شرقی خلیج در اثر وزش باد غالب شرق‌وزان با سرعت ثابت ۵ متر بر ثانیه و خروج آب از دو مرز باز مدل واقع در دهانه آشورآده-بندرترکمن و کانال خزینی نمایش می‌دهد.

خزینی در کرانه دور و نزدیک به آن تغییرات محسوسی ندارد. به طور کلی الگوی جریان در این سناریوها متأثر از اثرات توأمان وزش باد غالب شرق‌وزان متناظر با سناریوها و تنها مرز ورودی یعنی دهانه آشورآده-بندرترکمن می‌باشد. در سناریوهای ۱۹، ۲۰ و ۲۱ نیز الگوی عمومی جریان هم‌چون سناریوهای ۷، ۸ و ۹ می‌باشد، با این تفاوت که ساختار جریان در ناحیه کانال خزینی در اثر دبی خروجی ۳۶۰ متر مکعب بر ثانیه نسبت به سناریوهای ۷، ۸ و ۹ تغییرات اساسی یافته است. خروج توده‌های آب خلیج از طریق کانال سبب گردیده است تا بخشی از جریانات ناحیه میانی با جهت غربی-شرقی و با سرعت ۰/۱ متر



شکل ۵- نمایش توزیع بردارها و کانتورهای سرعت جریان حاصل باد شرق‌وزان با سرعت ۵ متر بر ثانیه و مرزهای باز در

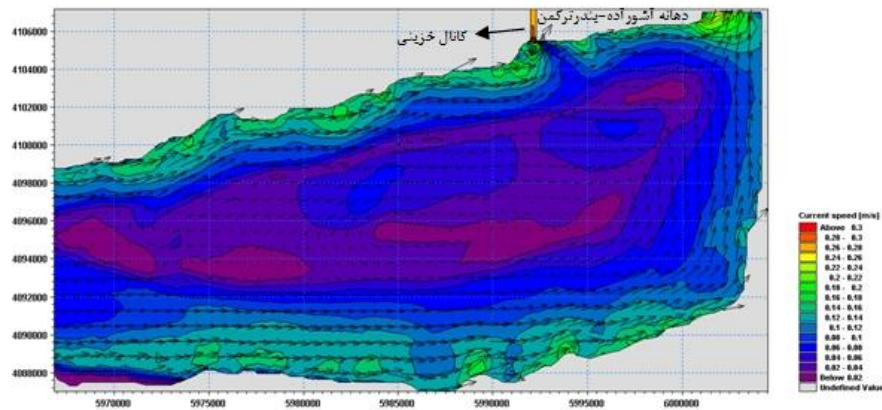
بخش شرقی خلیج

Figure 5- Distribution of Velocity Current Vectors and Contours Resultant of Easterly Wind at a Speed of and Open Boundaries in the East Part of the Bay 5 Meters per Second

نتایج اجرای مدل تحت سناریوهای ۱۰، ۱۱ و ۱۲ بیانگر وجود یک جریان موازی با سواحل از غرب به شرق در بخش‌های کرانه‌ای خلیج با حداکثر سرعت جریان ۰/۱۸ متر بر ثانیه و یک الگوی جریان غرب به شرق در بخش‌های عمیق و میانی با حداکثر سرعت جریان ۰/۰۵ متر بر ثانیه می‌باشد. این جریانات عمدتاً تحت تأثیر بادهای غالب شرق‌وزان قرار داشته و با نزدیک شدن به دهانه سرعت جریان به تدریج تا ۰/۲ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد. بخش‌های کرانه‌ای و غربی خلیج به دلیل عمق کم و تشکیل جریانات موج‌رانه در آن‌ها، در مقایسه با بخش-

نتایج اجرای مدل تحت سناریوهای ۱۰، ۱۱ و ۱۲ بیانگر وجود یک جریان موازی با سواحل از غرب به شرق در بخش‌های کرانه‌ای خلیج با حداکثر سرعت جریان ۰/۱۸ متر بر ثانیه و یک الگوی جریان غرب به شرق در بخش‌های عمیق و میانی با حداکثر سرعت جریان ۰/۰۵ متر بر ثانیه می‌باشد. این جریانات عمدتاً تحت تأثیر بادهای غالب شرق‌وزان قرار داشته و با نزدیک شدن به دهانه سرعت جریان به تدریج تا ۰/۲ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد. بخش‌های کرانه‌ای و غربی خلیج به دلیل عمق کم و تشکیل جریانات موج‌رانه در آن‌ها، در مقایسه با بخش-

کوچک در مجاورت کانال نخواهد داشت. شکل (۶) توزیع بردارها و کانتورهای سرعت جریان را در بخش شرقی خلیج در اثر وزش باد غالب شرق وزان با سرعت ثابت ۱۵ متر بر ثانیه و خروج آب را از دو مرز باز مدل واقع در دهانه آشورآده- بندرترکمن و کانال خزینی نمایش می‌دهد.



شکل ۶- نمایش توزیع بردارها و کانتورهای سرعت جریان حاصل باد شرق وزان با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه و مرزهای باز در

بخش شرقی خلیج

Figure 6- Distribution of Velocity Current Vectors and Contours Resultant of Easterly Wind at a Speed of and Open Boundaries in the East Part of the Bay 15 Meters per Second

بحث و نتیجه‌گیری

خروجی به صورت غربی-شرقی با میانگین سرعت ۰/۰۶ متر بر ثانیه می‌باشد. با شروع فصل گرما و در حالت ورود آب به خلیج یک منطقه جبهه‌ای جریان در نیمه غربی خلیج متأثر از وزش باد غالب شرق وزان تولید می‌گردد. این منطقه جبهه‌ای با افزایش سرعت باد به سمت غرب حرکت کرده و نواحی بیشتری را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. با افزایش سرعت باد الگوی عمومی جریان متأثر از باد غالب شرق وزان و جریانات موج‌رانه، در حالت ورود دبی آب به خلیج دچار تغییراتی می‌گردد. در این حالت با افزایش سرعت باد جریانات کرانه‌ای به موازات نواحی ساحلی شمال و جنوب از سمت غرب به شرق و در ناحیه کم عمق غربی تماماً جریانات غربی-شرقی با حداکثر سرعت ۰/۲۵ متر بر ثانیه تشکیل می‌گردد. در بخش عمیق خلیج جریانات عمدتاً جهت شرقی-غربی دارند. اثر ورود دبی آب به خلیج از

نتایج مدل دو بعدی مایک ۲۱ افام در خلیج گرگان بر روی دو مش بی‌ساختار به منظور بررسی اثرات بازگشایی کانال خزینی بر الگوی عمومی جریان خلیج تحت ۲۴ سناریوی مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بیان‌گر آن بود که الگوی جریان در خلیج گرگان عمدتاً در ایام آرام جوی تحت تاثیر نوسان سطح آب و یا دبی ورودی و خروجی دهانه آشورآده-بندرترکمن قرار دارد و بازگشایی کانال خزینی هیچ تاثیری بر الگوی عمومی گردش جریان خلیج نداشته و تنها در بخش‌های بسیار نزدیک به کانال سبب تغییر الگوی جریان محلی به صورت شمالی-جنوبی می‌گردد. در ایام آرام جوی و زمانی که سرعت باد غالب شرق وزان کمتر از ۵ متر بر ثانیه می‌باشد، الگوی عمومی جریان در فصل گرما متأثر از دبی ورودی به صورت شرقی-غربی با میانگین سرعت ۰/۰۵ متر بر ثانیه و در فصل سرما متأثر از دبی

- Workshop. Hanoi. Vietnam. Pp: 134-139.
- 3- Saengsupavanich, C. 2011. Impact of a Proposed Pier on Tidal Currents: Koa Kood Island, Thailand. World Academy of Science. Journal of Engineering and Technology. 81: 103-106.
- 4- Huntley, D.A. and Davidson, A.D. 2002. Modeling Water Surface Topography at a Complex Inlet System Teingmouth UK. Journal of Coastal Res. 36: 675-685.
- 5- Babu, M.T., Vethamony, P., Desa, E. 2005. Modeling Tide-driven Currents and residual eddies in the Gulf of Kacheh and their seasonal variability. A marine environmental planning perspective. Ecol Model Journal. 18: 4. 299- 312.
- ۶- توفیقی، م. ع، زین الدینی. م و گلشنی. ع. ا. ۱۳۸۵، شبیه‌سازی دوبعدی هیدرودینامیک دریاچه ارومیه برای تعیین الگوی جریان، نشریه مهندسی دریا، شماره ۴۷، صص ۱۱-۱۳.
- ۷- اسماعیلی. م. ۱۳۸۸، شبیه‌سازی جریان‌های کرانه‌ای با استفاده از مدل عددی مایک ۲۱، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۵، شماره ۲، صص ۱۳۹-۱۵۶.
- ۸- کرمی‌خانگی. ع، گودرزی. م، دهقانی. م و موسوی. س. ف. ۱۳۸۵، کاربرد نرم‌افزار MIKE 21 در روندیابی جریان رودخانه جزر و مدی زهره، مجله آب و فاضلاب، شماره ۶۰، صص ۸۹-۹۶.
- ۹- شربتی. س، ایمانپور. م. ر، گرگین. س و حسینی. س. س. ۱۳۸۹، فاز اول مطالعات شبیه‌سازی کوتاه مدت جریان‌های دریایی در خلیج گرگان، گزارش طرح پژوهشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۴۱ صفحه.
- ۱۰- شربتی. س و حسینی. س. س. ۱۳۹۱، شبیه‌سازی دو بعدی الگوی جریان خلیج گرگان در خلال یک دوره

طریق کانال خزینی نیز تاثیری بر روی الگوی عمومی جریان نداشته و در حالات طوفانی، جریان تنها در بخش‌های بسیار نزدیک کانال دچار تغییرات محلی می‌گردد. در حالت خروج دبی آب از طریق دهانه آشورآده-بندرترکمن الگوی عمومی جریان متأثر از افزایش سرعت باد غالب شرق‌وزان و جریانات موج‌رانه تماماً از غرب به شرق می‌باشد. در نواحی عمیق و مرکزی خلیج جریانات با سرعت کمتر از ۰/۰۵ متر بر ثانیه از سمت غرب به شرق در حرکت می‌باشند. اثر خروج دبی آب از خلیج به کانال خزینی نیز تاثیری بر روی الگوی عمومی جریان نداشته و در حالات طوفانی، جریان تنها در بخش‌های بسیار نزدیک کانال دچار تغییرات محلی می‌گردد.

به طور کلی نتایج تحقیق بیان می‌دارد که بازگشایی کانال خزینی از طریق لایروبی کانالی به عرض ۳۰۰ متر، عمق ۴ متر و طول ۴ کیلومتر نمی‌تواند هیچ تاثیری بر روی الگوی عمومی جریان خلیج داشته باشد. ولیکن بازگشایی کانال مطمئناً می‌تواند بر روی میزان تجدیدپذیری، خودپالایی و زمان اقامت آب در خلیج گرگان و در نتیجه افزایش بقاء آن موثر واقع گردد. لذا پیشنهاد می‌گردد تا در مطالعات آتی صحت این موضوع از طریق مدل‌سازی‌های بعدی مورد تحقیق واقع گردد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از طرح تحقیقاتی به شماره ۷۴-۲۸۳-۸۹ و با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان می‌باشد و بدین وسیله از زحمات تمامی دست‌اندرکاران اجرای طرح تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- ۱- رحیمی‌پورانارکی. ح، ۱۳۸۱، بررسی هیدرودینامیک جریان و پیش‌بینی الگوی فرسایش و رسوب‌گذاری در خلیج گرگان، گزارش طرح تحقیقاتی، شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی، ۸۵ صفحه.
- 2- Wichaimekphat, W., Supharatid, S., Tingsanchali, T. 2006. A study of bang khun thien coastal erosion and protection. Vietnam-Japan Estuary

۱۵- شربتتی. س، حسینی. س.س و تقی زاده. و، ۱۳۹۱،

مدل سازی سه بعدی جریانهای بادرانه در حوضه

جنوب شرق دریای کاسپی، گزارش طرح تحقیقاتی،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۵۱

صفحه.

۱۶- مهندسین مشاور سکو، ۱۳۸۶، مطالعات تکمیلی

بندر ترکمن، ۶۸ صفحه.

17- Sharbaty, S. 2012 (b). Simulation of wind-driven waves in the Gorgan Bay. Canadian Journal on Computing in Mathematics, Natural Sciences, Engineering and Medicine. 3:2. 40-44.

18- Manual of MIKE 21 NSW. 2007. Near shore Spectral Wind-Wave Module. Danish Hydraulic Institute (DHI Software). 76 p.

19- Battjes, J.a., and Janssen, J.P.F.M. 1978. Energy loss and set-up due to breaking of random waves. Proc. 16th Int. Conf. on Coastal Eng. Hamburg. pp: 569-587.

یکساله، گزارش طرح پژوهشی، دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۹ صفحه.

11- Manual of MIKE 21 FLOW MODEL FM. 2007. Coastal Hydraulic and Oceanography Hydrodynamic Module. Danish Hydraulic Institute (DHI Software). 72 p.

12- Sharbaty, S. 2012 (a). 3-D Simulation flow pattern in the Gorgan Bay in during summer. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2:3. 700-707.

13- Wu, J. 1994. The sea surface is aerodynamically rough even under light winds. Journal of boundary layer meteorology. 69: 149-158.

۱۴- محمدخانی. ح، ۱۳۹۱، تهیه و اجرای آبی-پرووی

خلیج گرگان. گزارش طرح پژوهشی. مرکز تحقیقات

ذخائر آبیان آبهای داخلی گرگان، ۱۳۹۱، فصل

دوم، بخش هیدرولوژی، ۳۱۴ صفحه.